

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Ekonomické zhodnocení zateplení budovy

Economic Evaluation of Building Insulation

Student:

Martin Bělík

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Matoušek, Ph.P.

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student:

Martin Bělík

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí

Téma:

Ekonomické zhodnocení zateplení budovy
Economic Evaluation of Building Insulation

Zásady pro vypracování:

1. Vytvořte dokumentaci budovy pro výpočet její tepelné ztráty.
2. Proved'te výpočet tepelné ztráty objektu dle projektové dokumentace.
3. Na základě výpočtu tepelné ztráty navrhněte vhodné zateplení objektu.
4. Proved'te ekonomické zhodnocení investice s ohledem na současné ceny energií a materiálů.

Seznam doporučené odborné literatury:

TOMAN, Z., BÁLEK, S., KLEČKOVÁ, Z. *Tepelně technické výpočty*. VŠB-TU Ostrava, HGF. Ostrava 1983.

CIHELKA, J. *Vytápění, větrání, klimatizace*.

RAŽNJEVIČ, K. *Termodynamické tabulky*. Alfa, 1983.

ČSN 06 06 10 *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*.

ČSN 73 05 42 *Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov – vlastnosti materiálů a konstrukcí*.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Matoušek, Ph.D.**

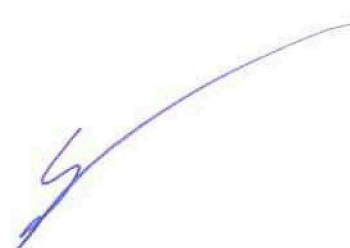
Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014





prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BĚLÍK, M. Ekonomické zhodnocení zateplení budovy : bakalářská práce. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2014, 53 s. Vedoucí práce Matoušek, J.

Práce se zabývá tepelnými ztrátami domu. V úvodu práce se věnuji typům tepelných ztrát, způsobům zateplování a druhům izolací. Práce v druhé části reflektuje výpočet tepelných ztrát na konkrétním domě před zateplením. Po návrhu tepelné izolace počítám tepelné ztráty po zateplení. V závěru se věnuji ekonomickému zhodnocení a návratnosti investice.

ANOTATION OF BACHELOR WORK

BĚLÍK, M. Economic evaluation of building insulation : bachelor work. Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Energetic, 2014, 53 p. Thesis head: Matoušek, J.

The bachelor thesis deals with the heat loss of the building. There are discussed types of heat loss, insulation methods and different types of insulation in the introduction. It is also provided calculation of thermal insulation a particular house before insulation in a practical part of thesis. Author designs thermal insulation and defines heat loss calculation after applying change. Economic evaluation and return of investment are indicated in the end of the thesis.

Seznam symbolů

Značka	Název	Jednotka
B	charakteristické číslo budovy	$P^{0,67}$
$C_{PŘZ}$	roční náklady na vytápění před zateplením	Kč/rok
C_{POZ}	roční náklady na vytápění po zateplení	Kč/rok
C_{MAT}	náklady na zateplovací materiál	Kč
$C_{ÚSP}$	roční úspory na vytápění	Kč/rok
C_{NAK}	náklady na zateplení	Kč
C_{NAVR}	návratnost investice	rok
D	denostupně	-
L	délka spár oken a dveří	m
M	charakteristické číslo místnosti	-
Q_0	tepelná ztráta	W
Q_v	tepelná ztráta větráním	W
Q_c	celková tepelná ztráta	W
$Q_{vPŘZ}$	spotřeba množství plynu za rok před zateplením	MWh/rok
Q_{vPOZ}	spotřeba množství plynu za rok po zateplení	MWh/rok
i_{LV}	součinitel spárové průvzdušnosti	$m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}$
k	součinitel prostupu tepla	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
S	plocha ochlazované části	m^2
t_e	výpočtová venkovní teplota	°C
t_i	výpočtová vnitřní teplota	°C
α_i	součinitel přestupu tepla uvnitř objektu	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
α_e	součinitel přestupu tepla z venku objektu	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
λ_i	součinitel tepelné vodivosti	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
ε	opravný součinitel	-

Obsah	
1. Úvod.....	9
2. Zateplování v Evropě a ČR.....	10
3. Důvody zateplení	11
3.1 Technické důvody	11
3.2 Ekonomické důvody	11
4. Druhy tepelných ztrát.....	11
4.1. Tepelné mosty	11
4.2. Difuze vodní páry.....	12
4.3. Infiltrace	12
5. Výpočet tepelných ztrát budov a místností dle ČSN 06 0210:1994.....	13
5.1 Podklady pro výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění	13
5.2 Součinitel prostupu tepla.....	13
5.3 Průměrný součinitel prostupu tepla.....	13
6. Výpočet tepelné ztráty.....	14
6.1 Celková tepelná ztráta	14
6.2 Tepelná ztráta prostupem tepla	14
6.3 Základní tepelná ztráta	15
6.4 Tepelná ztráta prostoru (místností) větráním	16
6.5 Objemový tok větracího vzduchu	16
7. Výpočtové veličiny	18
7.1 Výpočtová venkovní teplota	18
7.2 Výpočtová vnitřní teplota.....	19
8. Výpočet tepelných ztrát místností ve zvláštních případech	19
8.1 Stavební konstrukce přiléhající k zemině.....	19
9. Způsoby zateplení	20
9.1 Kontaktní zateplování	20
9.2 Odvětrávané zateplení.....	21
10. Druhy izolačních materiálů	22
10.1 Pěnový polyuretan.....	22
10.2 Extrudovaný polystyren XPS.....	23
10.3 Expandovaný polystyren EPS	23
11. Popis domu.....	24
11.1. Charakteristika konstrukce.....	24
11.2. Označení místností a jejich charakteristika.....	24
11.3. Půdorys podlaží.....	26

12. Výpočet celkové tepelné ztráty, vzorový výpočet koupelny 1.01.....	27
12.1 Výpočet tepelné ztráty okny a dveřmi $Q_{0ok} + dv$	27
12.2. Výpočet tepelných ztrát obvodovými zdmi Q_{0z}	28
12.3. Výpočet tepelné ztráty podlahou Q_{0p}	29
12.4. Výpočet tepelných ztrát stropu Q_{0s}	30
12.5 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla Q_0	31
12.6. Výpočet celkové tepelné ztráty Q_p	32
12.7. Výpočet tepelné ztráty větráním Q_v	33
12.8 Tepelné zisky Q_z	34
12.9 Výpočet celkové tepelné ztráty Q_c	34
13. Volba izolačního materiálu	36
14. Výpočet celkové tepelné ztráty po zateplení, vzorový výpočet koupelny 1.01	36
14.1 Výpočet tepelné ztráty okny a dveřmi $Q_{0ok} + dv$	36
14.2. Výpočet tepelných ztrát obvodovými zdmi Q_{0z}	36
14.3. Výpočet tepelné ztráty podlahou Q_{0p}	38
14.4. Výpočet tepelných ztrát stropu Q_{0s}	38
14.5 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla Q_0	39
14.6. Výpočet celkové tepelné ztráty Q_p	39
14.7. Výpočet tepelné ztráty větráním Q_v	41
14.8 Tepelné zisky Q_z	41
14.9 Výpočet celkové tepelné ztráty Q_c	41
15. Ekonomické zhodnocení zateplení domu.....	42
15.1 Náklady na vytápění.....	43
15.2 Náklady na vytápění před zateplením	44
15.3 Náklady na vytápění po zateplení	45
15.4 Roční úspory na energiích.....	46
15.5 Cena zateplení domu	46
16. Závěr	50
Literatura.....	51
Přílohy	53

1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá ekonomickým zhodnocením zateplení budovy. Jako budova je vybrán jednopatrový rodinný dům nacházející se v obci Čeladná v Moravskoslezském kraji.

Úvod práce se zabývá zateplením budov v rámci EU a ČR, jaké zateplovací systémy se nejčastěji používají. Evropská unie se snaží snížit nároky na energie pomocí zateplení, na které poskytuje dotace jak firmám, tak soukromým osobám. Jsou srovnávány klady a zápory, které zateplení obnáší z hlediska ekonomického i technického. K tomu upozorňuje na úniky tepla, které postihují všechny objekty. U způsobů zateplování jsou uvedeny druhy zateplení a výhody, které tyto zateplení sebou přinášejí.

V praktické části je popsána oblast, ve které se dům nachází, jeho půdorys a materiál, ze kterého byl postaven. Tepelné ztráty jsou vypočítány jak před, tak po zateplení budovy vhodnou izolací. K výpočtu tepelných ztrát je použita norma ČSN 06 0210 z roku 1994. Tato norma je již neplatná, nyní je nahrazena normou ČSN EN 12831. Tepelné ztráty jsou následně graficky znázorněny.

Závěrečná část se zabývá výpočtem nákladů na energie před a po zateplení budovy při vytápění kondenzačním plynovým kotlem Protherm LEV 30 KKZ. Po výpočtu nákladů jsou zhodnoceny roční úspory. Jsou spočítány také celkové náklady na zateplení, tzn. potřebný materiál a práce dělníků. V závěru je zhodnocena návratnost investice do zateplení a její výhodnost.

2. Zateplování v Evropě a ČR

Zateplování stěn se v Evropě řeší aplikací navzájem propojených vrstev a součástí na stěnu. V případě těchto propojených vrstev a součástí hovoříme o zateplovacích systémech.

Pro vysokou efektivnost a možnost relativně jednoduchého řešení souvisejících detailů jsou v Evropě a také v ČR nejvíce realizovány tepelně izolační systémy kontaktního zateplení s omítkou. V Evropě se ve větší míře začaly uplatňovat počátkem sedmdesátých let. Vzhledem k tomu, že nová technologie vybočovala z dosavadních zvyklostí, byla podrobena pečlivému prověření jako málokterá stavební technologie. Pozitivní výsledky prověrky spolu s rozvojem trhu těmito systémům vyvrátily počáteční nedůvěru k této technologii. Např. v roce 2008 bylo realizováno přes 100 mil. m² zateplených stěn.

Zateplování se realizuje kvůli energetickým úsporám. Zateplený objekt, ať už rodinný dům či výrobní hala, spotřebuje méně energie na vytápění a tím se sníží nároky na energie, jejichž cena v dnešní době stále roste. Evropská unie se snaží náklady na spotřebu energií snižovat, a proto poskytuje dotace, které se týkají vytápění i zateplování objektů. Až tři a půl miliardy eur by mohly evropské průmyslové podniky ročně uspořit za energii, kdyby investovaly do lepší tepelné izolace na svých objektech. Spotřeba energie v průmyslu by se mohla snížit až o 4 %, stejně jako množství vypouštěných emisí vzniklých při výrobě tepla. Tvrdí to studie konzultační společnosti EcofysVe.

V posledních letech se věnuje pozornost v Evropě na kvalitu provádění zateplování. Jedná se o oblast, kde se v současné době objevuje nejvíce problémů. S vědomím této nežádoucí situace zavedl již dříve Cech pro zateplování budov (sdružení podnikatelů zabývajících se dodržováním kvality při zateplování) ve spolupráci s Technickým zkušebním ústavem stavebním, osvědčování stavebních firem z hlediska jejich odborné způsobilosti provádět zateplení a nově zpracoval publikaci – Snížení spotřeby tepla na vytápění zateplením stěn bytových a rodinných domů, která se podrobně zabývá prováděním práce.

Publikace informuje jednoduše, formou názorných příkladů z praxe a pomocí fotografií o nejčastějších chybách při realizaci zateplování. První ohlasy naznačují, že publikace bude využívaným podkladem ve stavební praxi. [3; 4]

3. Důvody zateplení

3.1 Technické důvody

- eliminují se tepelné mosty
- zateplení výrazně snižuje kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, teplota na vnitřním povrchu stěn je vyšší a nepřibližuje se k teplotě rosného bodu
- snižuje se přehřívání budovy v letních měsících
- vhodnou stavbou vylepšení vlivu na akustických vlastnostech budovy
- zateplení umožňuje architektonické změny budovy (barvu, strukturu a tvar)

3.2 Ekonomické důvody

- zkracuje se topnou sezónu
- tepelná pohoda zajištěna i při přerušovaném topení
- snížení spotřeby energií, menší spotřeba paliva, menší kotel na vytápění
- z ekonomického hlediska je vhodné provést zateplení v době, kdy je potřeba oprav a údržby konstrukce

4. Druhy tepelných ztrát

Teplo tvoří velkou část spotřeby energie v domě i v bytě. Spotřeba energie je dána množstvím tepla, které spotřebujeme k vytápění budovy. Teplo z domu uniká dvěma způsoby: první je prostupem stěnami a okny, druhý je únik vzduchem, kterým větráme. Prostupu zdi nelze nikdy úplně zabránit, lze ho ale velkou měrou snížit, opatří-li se dům tepelnou izolací.

4.1. Tepelné mosty

Jsou to místa v konstrukcích s intenzivnějším tepelným tokem, než v jeho okolí. Jedná se o místa, kudy na jednotku plochy uniká větší množství tepelné energie než v okolních konstrukcích o stejné ploše. Tepelné ztráty mohou nastat z různých důvodů a různými způsoby. Jedná-li se o tepelné ztráty vzniklé stykem dvou konstrukcí, nazývají se přesněji tepelné mosty. Tepelné mosty ohrožují statiku stavby tím, že způsobují kondenzaci vodní páry v konstrukcích. To může způsobit u dřevěných konstrukcí hnilobu, u kovových konstrukcí korozi a u ostatních porušení mrazem.

Z hygienického hlediska jsou tepelné mosty nepříjemné, jelikož na jejich chladnějším povrchu v interiéru může kondenzovat vodní pára a mohou zde vznikat lokální místa s vlhkostí vzduchu nad 80%. Tím vzniká prostředí ideální pro růst plísní, které jsou zdrojem alergenů a vytváří nevhodné prostředí pro pobyt lidí.

V práci se zabývám výpočtem tepelných ztrát a při výpočtu použiju přírážku na vyrovnání chladných vlivů konstrukcí dle normy ČSN 06 0210. [5; 6]

4.2. Difuze vodní páry

Vlhkost se v materiálu konstrukce pohybuje-difunduje. Ve vzduchu je vždy vodní pára obsažena, často se používá pojem relativní vlhkost vzduchu, přitom při 100% vlhkosti dochází ke kondenzaci vodní páry v ovzduší. Relativní vlhkost vzduchu závisí na množství vodní páry ve vzduchu, dále na jeho teplotě a tlaku. Při vyšší teplotě může být v ovzduší vodní páry více, aniž by zkondenzovala. Příklad obsahu vodní páry při výpočtové teplotě venkovního vzduchu -15°C , relativní vlhkosti 84% a při výpočtové teplotě vnitřního vzduchu 21°C a relativní vlhkosti 50%. Částečný tlak vodní páry venkovního vzduchu je $P_v = 139\text{Pa}$, tlak vodní páry v interiéru $P_i = 1\,243\text{Pa}$, přestože je zde relativní vlhkost mnohem nižší. Rozdíl tlaku má velký význam, protože jejich rozdíl žene vodní páru skrz konstrukce oddělující vnější a vnitřní prostředí. Jednotlivé části konstrukce jsou částečně parotěsné, díky čemuž klesá i tlak vodní páry směrem od interiéru do exteriéru.

Pokud se velké množství vodní páry dostane v konstrukci do míst, kde bude nízká teplota, začne docházet ke kondenzaci. To je důvod, proč by na vnitřní straně měly být materiály nepropouštějící vodní páru, avšak s menšími tepelně izolačními vlastnostmi. Vnější strana by měla mít materiály propouštějící vodní páru, avšak vysoké tepelně izolační vlastnosti. Další možnost jak předejít difuzi vodní páry je možnost použití parozábrany, tedy fólie o velkém difuzním odporu. [2]

4.3. Infiltrace

Infiltrací rozumíme pronikání, ve stavebnictví je spojena s nekontrolovatelnou výměnou vzduchu zvenku do budovy netěsnostmi oken a dveří. Jestliže vzduch vniká dovnitř, musí zase jinudy ven (exfiltrace). Infiltrace způsobuje velké tepelné ztráty, jelikož se dostává z exteriéru studený vzduch do interiéru, který je třeba ohřát. Proto je nutno tyto ztráty snížit, nejčastěji utěšňováním spár oken i celých stavebních konstrukcí, kdy se celková infiltrace blíží k nule.

Nedostatečné větrání může však vést ke zhoršení kvality vnitřního prostředí, které vede ke zdravotním problémům. Hygienická norma předepisuje, že v určitých intervalech musí docházet k výměně vzduchu, toho lze dosáhnout nuceným větráním nebo klimatizačním zařízením. U větrání se mohou použít výměníky tepla, ve kterých teplý vnitřní vzduch ohřívá chladný přiváděný vzduch. [7; 8; 9]

5. Výpočet tepelných ztrát budov a místností dle ČSN 06 0210:1994

Kapitolu cituji podle[1]

5.1 Podklady pro výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění

- a) Situační (polohopisný) plán, ze kterého je zřejmá poloha budovy vzhledem ke světovým stranám, výška a vzdálenost okolních budov, terénních překážek apod., nadmořská výška místa stavby a převládající směr a intenzita větru.
- b) Půdorysy jednotlivých podlaží budovy se všemi hlavními skladebnými (popř. světlými) rozměry, včetně rozměrů oken a dveří (nejméně v měřítku 1:100).
- c) Řezy budovou s udáním hlavních světlých a konstrukčních výšek podlaží.
- d) Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0540-3:1994.
- e) Součinitel spárové průvzdušnosti oken i_{LV} (ve smyslu ČSN 73 0540-1:1994 i_{LVp}) a součinitel prostupu tepla oken a dveří k (ve smyslu ČSN 73 0540-1:1994 $k_{ok,p}$), popř. údaje o materiálu a konstrukci oken a dveří potřebné k výpočtu tepelné ztráty místnosti prostupem a tepelné ztráty místnosti infiltrací.
- f) Údaje o druhu (účelu) místnosti.
- g) Údaje o teplotách. Pro volbu výpočtové venkovní teploty t_e je možno použít tabulku A.1, nebo lépe údaje nejbližší hydrometeorologické stanice. Výpočtové vnitřní teploty t_i se volí podle tabulky A.3, v souladu s hygienickými předpisy nebo na základě výslovného požadavku investora. V tomto případě však musí být tato skutečnost v projektu uvedena. Teplota v sousedních nevytápěných místnostech se volí podle tab.A.2 (viz. zdroj [1]).

5.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla konstrukce k (ve smyslu ČSN 730540-1:1994 součinitel prostupu tepla zabudované konstrukce k_p):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad [\text{ROVNICE č. 1}]$$

α_i – součinitel přestupu tepla uvnitř objektu $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

α_e – součinitel přestupu tepla z vnějšku objektu $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

l_i – tloušťka stěny $[\text{m}]$

λ_i – součinitel tepelné vodivosti $[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

5.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Plochy stropů, podlah a svislých stěn se vypočítají z vnitřních (světlých) rozměrů místností, pouze u výšky se počítá s konstrukční výškou podlaží. Tato zásada platí také pro

určení celkové plochy všech konstrukcí pro stanovení hodnoty ΣS při výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla konstrukcemi místnosti k_c podle rovnice:

$$k_c = \frac{Q_0}{\Sigma S \cdot (t_i - t_e)} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad [\text{ROVNICE č. 2}]$$

ΣS – celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost [m^2]

t_i – výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$] tabulka A.3 (viz. zdroj [1]).

t_e – výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$] tabulka A.1 (viz. zdroj [1]).

Plocha okenních a dveřních otvorů se stanoví podle jejich skladebných rozměrů včetně rámců a zárubní.

Pro výpočet otopné plochy se doporučuje konečné hodnoty celkové tepelné ztráty místnosti zaokrouhlit:

- Na 10 W směrem k větší hodnotě při $Q_c \leq 500 \text{ W}$
- Na 20 W směrem k větší nebo menší hodnotě při $500 \text{ W} < Q_c \leq 1000 \text{ W}$
- Na 50 W směrem k větší nebo menší hodnotě při $Q_c > 1000 \text{ W}$

6. Výpočet tepelné ztráty

Kapitolu cituji podle [1]

6.1 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta Q_c ve W, se rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním snižená o trvalé tepelné zisky. Je dána vztahem:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad [\text{ROVNICE č. 3}]$$

Q_p – tepelná ztráta prostupem tepla;

Q_v – tepelná ztráta větráním;

Q_z – trvalý tepelný zisk.

6.2 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla Q_p ve W, se určí podle vztahu:

$$Q_p = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [\text{ROVNICE č. 4}]$$

Q_0 – základní tepelná ztráta prostupem tepla;

p_1 – přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí;

p_2 – přírážka na urychlení zátoku;

p_3 – přírážka na světovou stranu.

6.3 Základní tepelná ztráta

Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q_0 ve W, se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost do venkovního prostředí nebo do sousedních místností.

$$Q_0 = k_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_{e1}) + k_2 \cdot S_2 \cdot (t_i - t_{e2}) + k_n \cdot S_n \cdot (t_i - t_{ie}) = \sum_{j=1}^{j=n} k_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej})$$

[ROVNICE č. 5]

$S_1, S_2 \dots S_n$ – ochlazována část stavební konstrukce [m^{-2}] v ČSN 730540:1994 se značí plocha A); (obecně S_j)

$k_1, k_2 \dots k_n$ – součinitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] (podle ČSN 730540-4:1994 součinitel prostupu tepla zabudované konstrukce k_p), (obecně k_j);

t_i – výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}C$]

$t_{e1} t_{e2} \dots t_{ej}$ – výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce [$^{\circ}C$]

(výpočtová teplota v sousední místnosti, nebo výpočtová venkovní teplota),

(obecně t_{ej}).

Je-li u některé ze stavebních konstrukcí teplota na vnější straně vyšší než teplota ve vytápěné místnosti, má tepelný tok prostupující touto stavební konstrukcí zápornou hodnotu; v tomto případě jde o tepelný zisk, který zmenšuje základní tepelnou ztrátu místnosti prostupem tepla Q_0 .

Přirážkou na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí p_1 se umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované výpočtové vnitřní teploty t_i pro, kterou se počítá základní tepelná ztráta Q_0 .

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 , závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí místnosti k_c , který se stanoví ze vztahu [ROVNICE č. 2]. Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 se pak stanoví ze vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c$$

[ROVNICE č. 6]

U stavební konstrukce (její části) oddělující vytápěnou místnost od komínového tělesa se předpokládá, že je dostatečně tepelně izolována, takže lze zanedbat tepelný zisk prostupem od komína.

S přirážkou na urychlení zátoku p_2 se v bytové výstavbě, nemocnicích apod. uvažuje jen v případech, kde ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění. Za normálních okolností se s přirážkou p_2 nepočítá, neboť

při výpočtových podmínkách (při výpočtové venkovní teplotě t_e) se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění.

U budov (objektů) se samostatnou kotelnou na tuhá paliva o jmenovitém tepelném výkonu menším než 150 kW se předpokládá, že ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění, a proto se při výpočtu tepelné ztráty prostupem podle rovnice [ROVNICE č. 4] počítá s přírážkou na urychlení zátopy p_2 :

- 0,10 při denní době vytápění delší nebo rovné než 16 hodin.
- podle ČSN 06 0220:1993 při denní době vytápění kratší než 16 hodin.
- Výši přírážky na světovou stranu p_3 rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti. Při více ochlazovaných konstrukcích, poloha jejich společného rohu. U místnosti se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přírážkou největší. Hodnoty přírážky p_3 tabulka A.8 (viz. zdroj [1]).

6.4 Tepelná ztráta prostoru (místností) větráním

Tepelná ztráta prostoru (místností) větráním Q_V ve W, se stanoví ze vztahu:

$$Q_V = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{ROVNICE č. 7}]$$

V_v – objemový tok větracího vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], za V_v se dosadí větší z hodnot

V_{vH} , V_{vP} ;

t_i – výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$],

t_e – výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$],

c_v – objemová tepelná kapacita vzduchu při teplotě 0 $^{\circ}\text{C}$, [$\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$] tj. přibližně při střední teplotě $t_m = 0,5 \cdot (t_i + t_e)$, $c_v = 1300$ [$\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$]

6.5 Objemový tok větracího vzduchu

Objemový tok větracího vzduchu prostoru (místnosti) V_v musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků (např. při řešení odvlhčování nebo odvodu škodlivin) Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu n_h (h^{-1}). Potřebný průtok se stanoví ze vztahu:

$$V_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m \quad [\text{ROVNICE č. 8}]$$

V_m – vnitřní objem prostoru (místností) [m^3]

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu V_{vP} stanoví ze vztahu:

$$V_{vP} = \sum(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [\text{ROVNICE č. 9}]$$

$\sum(i_{LV} \cdot L)$ – součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří dané místnosti

[$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$]

i_{LV} – součinitel spárové průvzdušnosti [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} / \text{m} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$]

L – délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří [m]

B – charakteristické číslo budovy [$\text{Pa}^{0,67}$]

M – charakteristické číslo místnosti [–]

- Hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti i_{LV} oken a venkovních dveří jsou uvedeny v ČSN 73 0540-3:1994.
- Celková délka spáry L se stanovuje ze skladebných rozměrů otevíratelných oken a dveří. Uvažuje se při tom se spárami mezi jednotlivými křídly a rámem (včetně středních sloupků) a se spárami mezi dvěma na sebe přilehajícími křídly.
- Součet součinů $\Sigma(i_{LV} \cdot L)$ se vztahuje na okna a venkovní dveře na návětrné straně budovy. U řadových místností s jednou venkovní konstrukcí se za návětrnou stranu považuje strana, na které je venkovní konstrukce s oknem. U rohových místností s okny v obou venkovních stavebních konstrukcích se počítá se $\Sigma(i_{LV} \cdot L)$ pro okna v obou stavebních konstrukcích. U místností s okny v protilehlých konstrukcích se za návětrnou stranu považuje strana, pro kterou má $\Sigma(i_{LV} \cdot L)$ větší hodnotu. Protilehlá strana stavební konstrukce se pak považuje za stranu závětrnou; spárami oken v této konstrukci uniká vzduch z místnosti. Charakteristické číslo místnosti se v tomto případě volí $M=1$, stejně jako pro místnost bez vnitřních konstrukcí (viz. zdroj [1]).
- Charakteristické číslo budovy B závisí na rychlosti větru volené podle polohy budovy vzhledem ke krajině (rozlišuje se chráněná, nechráněná a velmi nepříznivá poloha) a na druhu budovy (rozlišuje se řadové budovy a osamělé stojící budovy). Z hlediska rychlosti větru se dále rozlišuje normální krajina a krajina s intenzivními větry. Hodnoty charakteristického čísla budovy B jsou uvedeny v tabulce A.4 (viz. zdroj [1]).
- Podle toho jak je budova v krajině vystavena náporu větru, se rozlišuje:
 - a) chráněná poloha:
 - domy ve vnitřních částech měst, pokud příliš nepřevyšují okolí;
 - domy ve střední části sídlišť s převážně řadovou zástavbou;
 - domy ze všech stran a v celé výšce chráněné okolím, např. nízké domy v zalesněné krajině apod.
 - b) nechráněná poloha:
 - domy ve vnitřních částech měst a sídlišť, pokud značně převyšují okolí;
 - domy na okraji sídlišť s převážně řadovou zástavbou;

- domy v sídlištích s převážně bodovou zástavbou, pokud značně převyšují okolí;
- osaměle stojící domy v údolích, v zalesněné krajině apod.

c) velmi nepříznivá poloha:

- domy v sídlištích s převážně bodovou zástavbou, pokud značně převyšují okolí;
- osamělé stojící domy na březích řek a jezer (rybníků), na nezalesněných návrších, na rozsáhlých rovinách apod.

Charakteristické číslo místnosti M závisí na poměru mezi průvzdušností oken a vnitřních dveří. Rozlišují se tyto případy:

a) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je menší než průvzdušnost oken

($M=0,4$);

b) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je přibližně stejná jako průvzdušnost

oken ($M=0,5$);

c) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je větší než průvzdušnost oken

($M=0,7$);

d) místnosti bez vnitřních stěn, např. sály, velkoprostorové kanceláře apod.

($M=1,0$).

V případech a) až c) se dále rozlišují místnosti podle počtu vnitřních dveří a podle jejich těsnosti (rozeznávají se dveře netěsné, tj. bez prahů, a dveře těsné tj. s prahy). Hodnoty charakteristického čísla M jsou uvedeny v tabulce A.5 (viz. zdroj [1]).

7. Výpočtové veličiny

Kapitolu cituji podle [1]

7.1 Výpočtová venkovní teplota

- Za výpočtovou venkovní teplotu t_e byla zvolena průměrná teplota pěti za sebou následujících nejchladnějších dnů podle dlouhodobých meteorologických pozorování. Pro území ČR a SR byly zvoleny tři základní výpočtové venkovní teploty $t_e = -12^\circ\text{C}$, $t_e = -15^\circ\text{C}$ a $t_e = -18^\circ\text{C}$. Pro vybraná města jsou výpočtové venkovní teploty uvedeny v tabulce A.1 (viz. zdroj [1]).
- Pro volbu výpočtové venkovní teploty t_e na rozhraní dvou oblastí je rozhodující náhlá změna nadmořské výšky; pro údolí se počítá s vyšší t_e , pro návrší nižší t_e . Pro budovy (objekty) zásobované teplem ze stejného zdroje však musí být uvažováno se stejnou výpočtovou venkovní teplotou.

- Pro místa s nadmořskou výškou nad 400 m se zvyšuje rozdíl teplot $\Delta t = t_i - t_e$ o 3°C (viz. zdroj [1]).
- Pokud je z hydrometeorologické stanice v místě znám průběh teplot za delší sledované období (nejméně 30 let) je vhodné použít pro výpočet tyto konkrétní údaje. S korekcí na nadmořskou výšku se pak neuvažuje, ale pouze s korekcí na rychlost větru.

7.2 Výpočtová vnitřní teplota

- Za výpočtovou vnitřní teplotu t_i se volí tzv. výsledná teplota, která je aritmetickým průměrem mezi teplotou vnitřního vzduchu a průměrnou povrchovou teplotou stěn ohraničujících vytápěnou místnost. Pokud není předepsáno jinak, volí se obvykle výpočtová teplota podle tabulky A.3 (viz. zdroj [1]).
- Ve skutečných místnostech se výsledná teplota t_i měří kulovým výsledným teploměrem o průměru 100mm až 150mm uprostřed půdorysu ve výši 1m nad nášlapnou vrstvou podlahy. Celkový tepelný stav ve vytápěné místnosti se posuzuje podle takto naměřené výsledné teploty t_i .

8. Výpočet tepelných ztrát místností ve zvláštních případech

Kapitolu cituji podle [1]

8.1 Stavební konstrukce přiléhající k zemině

- Při výpočtu tepelné ztráty prostupem nepodsklepených podlah přízemních místností a hal přiléhajících k zemině se uvažuje s průměrnou teplotou zeminy $t_{gr} = +10^\circ\text{C}$.
- Při výpočtu tepelné ztráty prostupem ostatních konstrukcí přilehlých k zemině sklepních místností částečně nebo zcela pod úrovní okolního terénu se uvažuje s teplotou přilehlé zeminy t_{gr} podle tabulky A.6 (viz. zdroj [1]), se kterou se počítá jako s výpočtovou venkovní teplotou t_e .
- Teplota spodní vody je stejná jako u zeminy, pokud se jedná o termální oblast, kde se postupuje podle místních podmínek.
- Součinitel prostupu tepla konstrukce přiléhající k zemině (ve smyslu ČSN 730540:1994 zabudované konstrukce $k_{p,gr}$) se stanoví podle přílohy C ČSN 73 0540-4:1994.

9. Způsoby zateplení

Tepelná izolace je dobrý způsob jak snížit náklady na vytápění. Důležité je si zvolit, jaký způsob zateplení použijeme, jestli vnější nebo vnitřní. Vnitřní zateplení se používá u starších objektů, které mají velké vnitřní prostory, jelikož se při zateplování zmenšuje vnitřní prostor. Při vnitřním zateplení se v zimním období posouvají nízké teploty k vnitřnímu líci konstrukce, tím se původní konstrukce výrazněji ochlazuje. V letních měsících dochází naopak k přehřívání původní konstrukce. Důsledkem snížení povrchových teplot pod teplotu rosného bodu v zimním období je kondenzace vodní páry, což má za následek vznik plísní.

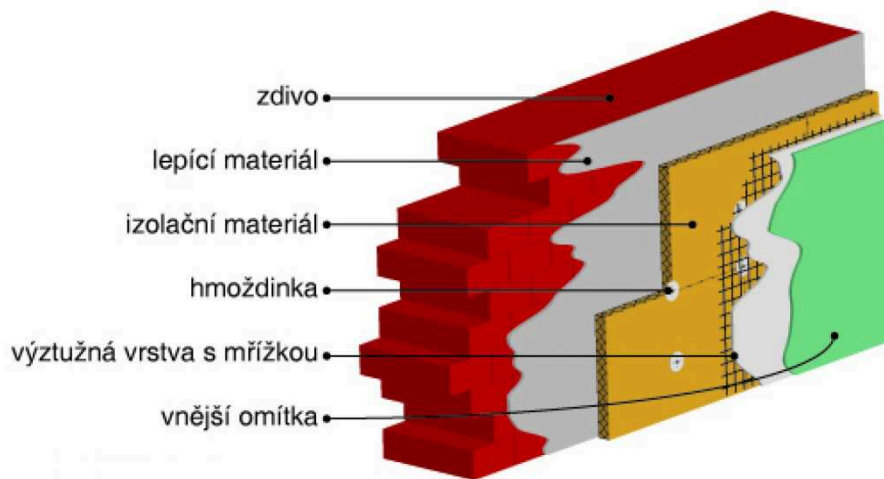
Na zateplení rodinného domu zvolím zateplení vnějšího pláště, které nezmenšuje vnitřní prostory. Při vnějším zateplí lze do jisté míry změnit vzhled domu, dále lze zamezit tepelným mostům a při správné aplikaci i zamezení vzniku plísní.[2; 10]

9.1 Kontaktní zateplování

Kontaktní zateplování známé taky jako ETICS (external thermal insulation composite systems), je vnější kontaktní zateplovací systém. Patří mezi nejrozšířenější zateplovací systémy. Jde o konstrukci bez jakékoliv vzduchové mezery, kde je izolace nalepena a ukotvena přímo na zdi. Podstatou kontaktního systému je nalepení tepelně izolačních desek na zateplovanou konstrukci, přičemž podklad musí být očištěn, pevný a suchý. Izolační desky musí být pokryty minimálně na 40% povrchu lepidlem před nalepením. Desky se poté mohou ukotvit ještě pomocí zatloukacích hmoždinek, osadí se lištami (rohové, nárožní, okapové atd.). Po osazení lištami se na desky izolace nanese lepidlo a do něj se vtlačí armovací tkanina. Poté se lepidlo natře penetračním nátěrem a provede se nános konečné omítky. Přitom musejí být použity materiály, které jsou dobře sladěny, nejlépe když jsou od jednoho výrobce dodávány jako jednotný certifikovaný celek. Musejí však být dodrženy další postupy, jako: tvar spár, velikost spár, počet hmoždinek apod. Viz obrázek 1. [2; 11]

- Výhody:
 - zamezení tepelných mostů
 - zlepšení akumulace stěn
 - finančně efektivní
 - technologicky nenáročné
 - dobré tepelně izolační vlastnosti

- Nevýhody:
 - vysoká náročnost na kvalitu provedení
 - vyšší pracnost u členitých plášťů
 - menší odolnost proti mechanickému poškození



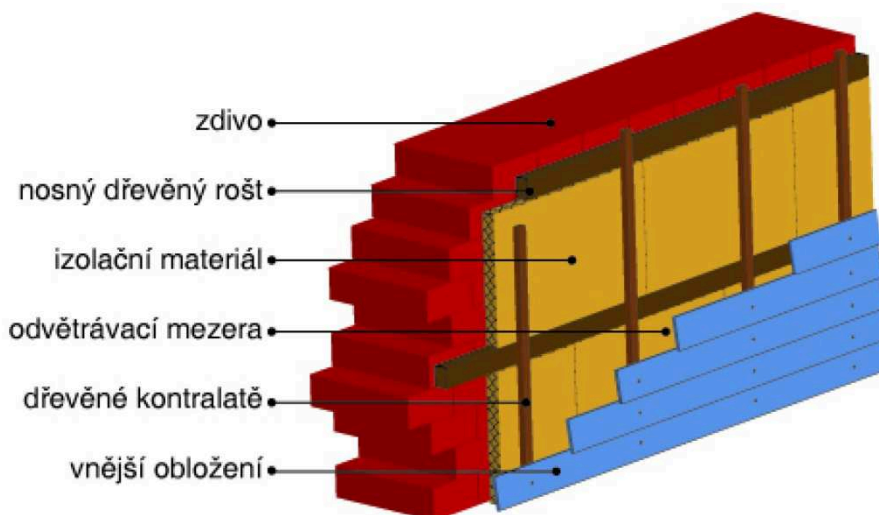
Obrázek 1. Ukázka kontaktního zateplovacího systému[11]

9.2 Odvětrávané zateplení

Hlavním znakem odvětrávaného zateplení je volný prostor mezi podhledovou vrstvou a tepelnou izolací připevněnou na obvodovou stěnu. Vzniklá provětrávaná mezera přirozeně odvádí vlhkost mimo konstrukci. Tento způsob je obvykle nákladnější, není to však pravidlem. Používá se tam, kde se fasáda po zateplení obkládá deskovým materiálem (např. prkny, sklem, kamenem).

Na zateplovanou stěnu se připevní izolace, která má malý difuzní odpor. Obklad fasády nepřiléhá na tuto izolaci, ale je zde vzduchová mezera (min. 40 mm). Tloušťka vzduchové mezery závisí na výšce objektu a velikosti horních a dolních větracích otvorů. Tyto otvory jsou zakryty mřížkou proti myším, hmyzu apod. a umožňují únik vodní páry. Viz obrázek 2. [2; 11]

- Výhody:
 - dlouhá životnost
 - použití na objekty s vyšší vlhkostí
 - dobré tepelně izolační vlastnosti
- Nevýhody:
 - náchylnost na vznik tepelných mostů
 - vysoká pracnost u členitých plášťů
 - vyšší cena



Obrázek 2. Ukázka odvětrávaného zateplovacího systému[11]

10. Druhy izolačních materiálů

Při volbě tepelné izolace je důležité, jaké vlastnosti od izolace očekáváme. Nejdůležitější vlastností izolačního materiálu je jeho součinitel tepelné vodivosti λ [$Wm^{-1}K^{-1}$]. Čím má menší hodnotu, tím větší je účinnost materiálu (propustí méně tepla). Mezi dalšími důležitými vlastnostmi jsou objemová hmotnost, pevnost, nasákavost, hořlavost, toxicita, cena, tepelná stabilita a difuzní faktor. Tyto vlastnosti nám určují vhodnost použití izolace pro konkrétní případy. Veškeré vlastnosti se liší nejen s druhem materiálu, ale drobné odlišnosti vznikají i u různých výrobců. Výpočtové hodnoty různých materiálů nalezneme v normě ČSN 73 0540-3. Pro přesnější výpočty je vhodné vycházet z hodnot udávanými konkrétním výrobcem daného materiálu, které by měl obsahovat certifikát výrobku. [12]

10.1 Pěnový polyuretan

Velmi účinná tepelná izolace, používaná ve formě měkké polyuretanové pěny (molitan), nebo tvrdé polyuretanové pěny. Ve stavebnictví se používá tvrdá polyuretanová pěna zkratkou PUR. Dodává se nejčastěji v deskách nebo různě tvarovaná, je možnost ji koupit jako hmotu pro aplikaci na místě. Objemová hmotnost se pohybuje od 35 do 120 kg/m^3 . Mezi další kladné vlastnosti patří teplotní stabilita, snáší teploty od $-50^{\circ}C$ do $130^{\circ}C$. Materiál je odolný rozpouštědlům a kyselinám, je třeba jej však chránit před UV zářením. Pevnost v tlaku je okolo 100 kPa.

PUR pěna se používá pro izolaci podlah, stěn, i střech. Stříkaná pěna se používá pro střechy i vypěňování spár. Toto je možno při použití PUR s velmi krátkou dobou

chemického startu, to znamená, že směs změní své skupenství z tekutého na pevné v čase do 10 sekund. U PUR s dlouhou dobou startu to je od 10 do 100 sekund. Pokud nepotřebujeme stříkanou PUR pěnu, je možnost vyrábět desky z bloků vzniklých volným pěněním ve formách. Pokud mají být desky spojeny s jiným materiálem, jsou vyráběny napěňováním do finální tloušťky. Tímto způsobem se vyrábějí desky pokryté hliníkovou fólií, plechem nebo skelnou tkaninou.[12; 13]

10.2 Extrudovaný polystyren XPS

Extrudovaný polystyren se vyrábí vytlačováním taveniny krystalového polymeru, při sycení vzpěnovadlem a uvolnění tlaku na konci vytlačovací trubice. XPS je oproti běžnému polystyrénu EPS vyráběn postupem známým jako extruze (vytlačování probíhající za pomoci teploty a tlaku).

XPS je používán ve formě tepelně izolačních desek, nejčastěji o rozměrech 1250x600 mm. Desky mohou mít upravenou hranu, kdy na okraji desky se nachází tzv. zámek (polodrážka), díky kterému jsou desky vedle sebe správně spojeny a snižují se tak tepelné ztráty. Dále může být polystyren vybaven mřížkovaným povrchem pro usnadnění nanášení stěrky.

Extrudovaný polystyren lze použít tam, kde expandovaný polystyren svými vlastnostmi nestačí. XPS má uzavřenou strukturu pórů a díky tomu má podstatně nižší nasákavost, a proto je vhodný do míst, které potřebujeme tepelně izolovat a izolant je v kontaktu s vlhkým prostředím. Typickým příkladem je izolace soklu u základu objektu, kde se nelze vyhnout kontaktu s vlhkým prostředím. Souhrnem tedy XPS snáší vysoké zatížení až 300 kPa, má nejen mechanickou odolnost, ale také dobře odolává vodě, zemině, plísním a hlodavcům, díky tomu je z něj velmi dobrý izolant pro styk s terénem. [14; 15]

10.3 Expandovaný polystyren EPS

Pěnový expandovaný polystyren zkratkou EPS je osvědčenou hmotou, s níž je v současné době možné energeticky hospodárné stavění. EPS není pouze lehký co se týče váhy, dá se lehce zpracovat, je cenově dostupný a má dobré tepelně izolační vlastnosti.

Hlavní vlastností pěnového polystyrenu je nízká tepelná vodivost, závisící na objemové hmotnosti. Nejnižší součinitel tepelné vodivosti se dosahuje při objemové hmotnosti mezi 30 až 50 kg/m³, při větší nebo menší objemové hmotnosti tepelný součinitel narůstá. Co se týče teplotní stability, i zde je na tom pěnový polystyren dobře. Krátkodobě snese teploty do 100°C, při mechanickém zatížení má dlouhodobou tvarovou stabilitu okolo 75°C. EPS je velmi stabilní, a proto je schopen odolat teplotám -180 až 80°C pro trvale využití, aniž by docházelo ke změnám struktury.

Pevnost v tlaku se u polystyrenu pohybuje od 0,07 do 0,22 Mpa. Mezi vlastnosti tohoto izolačního materiálu patří tendence vrátit se do původního nenapětého stavu.

Nevýhodou tohoto materiálu je snadné rozpuštění organickými rozpouštědly, může se však řezat, vrtat a lepit, lze kombinovat s běžnými hmotami používanými na stavbách, ale není vhodný pro izolaci střeš. Nechráněný může být ohlodáván a poškozen zvířaty, proto musí být mechanicky chráněn. Časem se může mírně smrštit, a tím se mohou změnit jeho tepelné izolační vlastnosti. [16]

11. Popis domu

Rodinný dům se nachází v obci Čeladná, jedná se o dům jednopatrový, nepodsklepený se sedlovou střechou, postavený mezi zástavbou ostatních domů. Majitel domu uvažuje o snížení nákladů na energie pomocí zateplení obvodových zdí. Výška stropu je 2,7m .

11.1. Charakteristika konstrukce

- Složení vnějších zdí

Vnější omítka 0,02 m /obvodové zdivo Porotherm 40 tloušťky 0,4 m / vnitřní omítka 0,02m

- Složení stropu

sádkartonová deska 0,0125 m / parozábrana / minerální tepelná izolace 0,3 m

- Složení podlahy

Potěr 0,04 m / vyrovnávací malta 0,02 m / betonová mazanina 0,04 m / podlahový polystyren 0,1 m / podkladní mazanina 0,1 m / struska 0,4 m

- Střecha je pokryta pálenými taškami / 0,2 m minerální tepelná izolace

11.2. Označení místností a jejich charakteristika

- Koupelna označení 1.01

Vnitřní rozměry [m]: d/š/v - 2,97/2,655/2,7

Výpočtová vnitřní teplota: $t_i = 24\text{ °C}$

- Toaleta označení 1.02

Vnitřní rozměry [m]: d/š/v - 1/3/2,7

Výpočtová vnitřní teplota: $t_i = 20\text{ °C}$

- Pokoj označení 1.03

Vnitřní rozměry [m]: d/š/v - 1,9/4,5/2,7

Výpočtová vnitřní teplota: $t_i = 20\text{ °C}$

- Obývací pokoj označení 1.04

Vnitřní rozměry [m]: d/š/v - 4,2/5,45/2,7

Výpočtová vnitřní teplota: $t_i = 20\text{ °C}$

- Kuchyň a jídelna označení 1.05

Vnitřní rozměry [m]: d/š/v - 4,2/3,2/2,7

Výpočtová vnitřní teplota: $t_i = 20\text{ °C}$

- Pokoj označení 1.06

Vnitřní rozměry [m]: d/š/v - 3,1/3,9/2,7

Výpočtová vnitřní teplota: $t_i = 20\text{ °C}$

- Pokoj označení 1.07

Vnitřní rozměry [m]: d/š/v - 3,1/2,62/2,7

Výpočtová vnitřní teplota: $t_i = 20\text{ °C}$

- Šatna označení 1.08

Vnitřní rozměry [m]: d/š/v - 2,1/1,15/2,7

Výpočtová vnitřní teplota: $t_i = 15\text{ °C}$

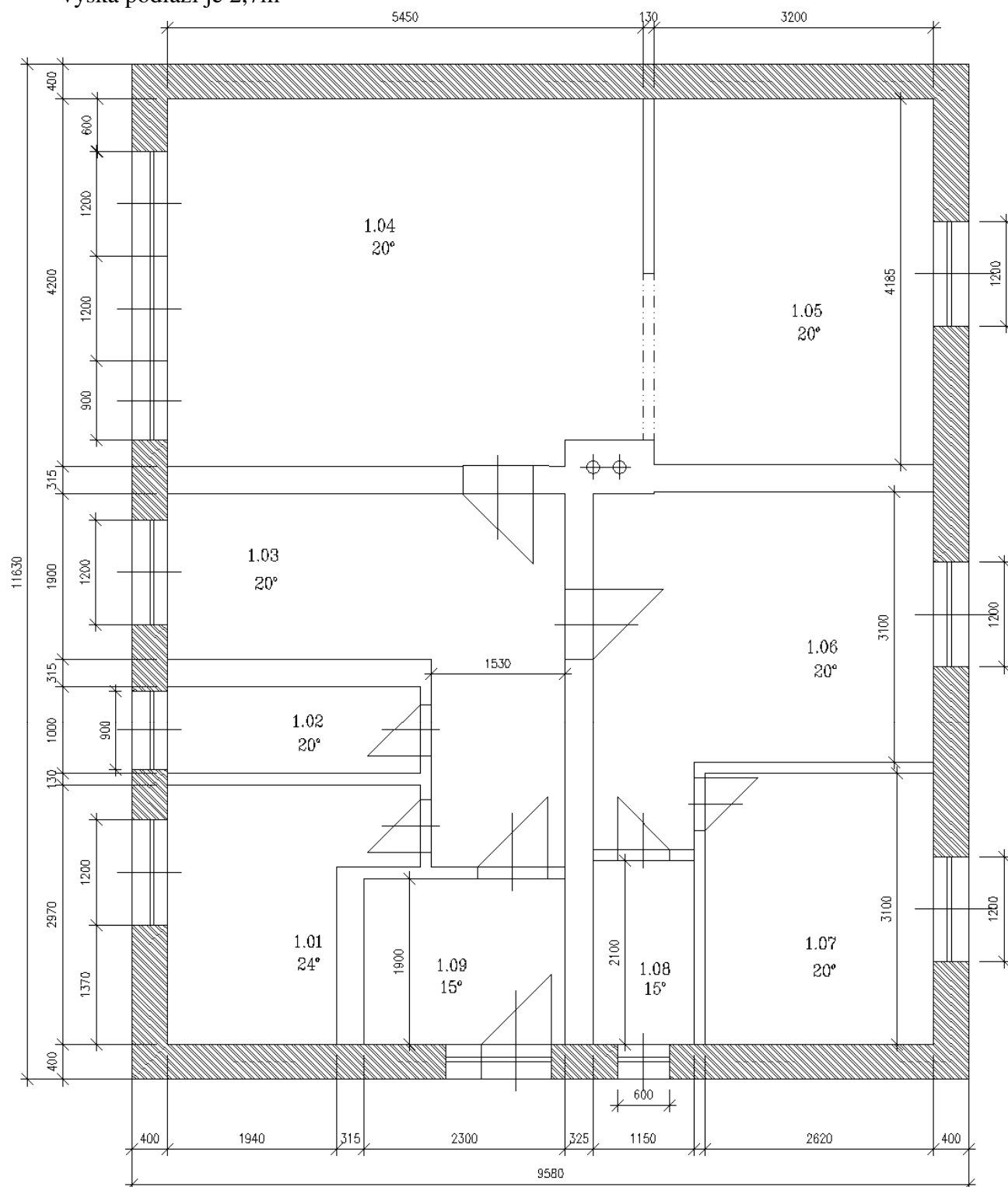
- Předsíň označení 1.09

Vnitřní rozměry [m]: d/š/v - 1,9/2,3/2,7

Výpočtová vnitřní teplota: $t_i = 15\text{ °C}$

11.3. Půdorys podlaží

výška podlaží je 2,7m



Tabulka místností

Číslo	NÁZEV MÍSTNOSTI
1.01	KOUPELNA
1.02	WC
1.03	POKOU
1.04	OBÝVACÍ POKOU
1.05	KUCHYŇ, JIDELNA
1.06	POKOU
1.07	POKOU
1.08	SATNA
1.09	PŘEDSÍŇ

12. Výpočet celkové tepelné ztráty, vzorový výpočet koupelny 1.01

12.1 Výpočet tepelné ztráty okny a dveřmi Q_{0ok+dv}

[Tab. 1] Hodnoty teplot a přestupu tepla

	Součinitel přestupu tepla $\alpha[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Teplota $t [^{\circ}C]$
Interiér	8	24
Exteriér	24	-15

[Tab. 2] Rozměry okna a součinitel prostupu

	Rozměry [m] Délka x Výška	Obsah $S_{ok+dv}[m^2]$	Součinitel prostupu tepla $k [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
Okno	1,2x05	0,6	$0,69 \div 1,2 \Rightarrow 0,8$

Tepelná ztráta okny a dveřmi Q_{0ok+dv} [ROVNICE č. 5]

$$Q_{0ok+dv} = k \cdot S_{ok+dv} \cdot (t_i - t_e) = 0,8 * 0,6 * (24 - (-15))$$

$$Q_{0ok+dv}=18,72 \text{ W}$$

[Tab. 3] Tepelné ztráty okny a dveřmi ostatních místností

Místnost	$Q_{0ok+dv} [W]$
1.01	18,72
1.02	12,26
1.03	16,8
1.04	165,48
1.05	53,76
1.06	53,76
1.07	53,76
1.08	4,8
1.09	66,24
Celkem	445,92

12.2. Výpočet tepelných ztrát obvodovými zdmi Q_{0z}

[Tab. 4] Hodnoty teplot a přestupu tepla

	Součinitel přestupu tepla $\alpha [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Teplota $t [^{\circ}C]$
Interiér	8	24
Exteriér	24	-15

[Tab. 5] Rozměry obvodových stěn

	Rozměr $[m]$ Délka x výška	Obsah $S_z [m^2]$
Severní stěna	1,94 x 2,70	5,328
Východní stěna	2,97 x 2,70	8,019

Obsah zdi S_z

$$S_z = S_{ss} + S_{sv} - S_{ok+dv} = 5,328 + 8,019 - 0,6$$

$$S_z = 12,747 \text{ m}^2$$

[Tab. 6] Složení stěny:

	Tloušťka $L [m]$	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
Porotherm 40	0,4	0,16
Vnitřní omítka	0,02	0,88
Vnější omítka	0,02	0,88

Součinitel prostupu tepla k [ROVNICE č. 1]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,4}{0,16} + \frac{0,02}{0,88} + \frac{0,02}{0,88} + \frac{1}{25}}$$

$$k = 0,32 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tepelná ztráta zdmi Q_{0z} [ROVNICE č. 5]

$$Q_{0z} = k \cdot S_z \cdot (t_i - t_e) = 0,32 \cdot 12,747 \cdot (24 - (-15))$$

$$Q_{0z} = 157,9594 \text{ W}$$

[Tab. 7] Tepelné ztráty zdi ostatních místností

Místnost	$Q_{0z} [W]$
1.01	157,9594
1.02	25,2000
1.03	50,7360
1.04	225,6240
1.05	202,2720
1.06	72,2400
1.07	151,4688
1.08	27,8880
1.09	26,1216
Celkem	939,5098

12.3. Výpočet tepelné ztráty podlahou Q_{0p}

[Tab. 8] Hodnoty teplot a přestupu tepla

	Součinitel přestupu tepla $\alpha [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Teplota $t [^{\circ}C]$
Interiér	8	24
Exteriér	24	-3

[Tab. 9] Rozměry podlahy

	Rozměry $[m]$ Délka x šířka	Obsah $S_p [m^2]$
Podlaha	2,95 x 1,94	5,723

[Tab. 10] Složení podlahy

	Tloušťka $L [m]$	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
Pořer	0,04	1,02
Vyrovnávací malta	0,02	0,87
Beton	0,04	1,05
Podlahový polystyren	0,1	0,035
Podkladní beton	0,1	1,05
Struska	0,4	0,58

Součinitel prostupu tepla k [ROVNICE č. 1]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,04}{1,02} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,04}{1,05} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,1}{1,05} + \frac{0,4}{0,58} + \frac{1}{25}}$$

$$k = 0,2559 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tepelná ztráta podlahou Q_{0p} [ROVNICE č. 5]

$$Q_{0p} = k \cdot S_p \cdot (t_i - t_{es}) = 0,2559 \cdot 5,723 \cdot (24 - (-3))$$

$$Q_{0p} = 39,8100 \text{ W}$$

[Tab. 11] Tepelné ztráty podlahou ostatních místností

Místnost	Q_{0p} [W]
1.01	39,8100
1.02	17,8042
1.03	50,9937
1.04	134,7237
1.05	79,1038
1.06	71,1581
1.07	47,8037
1.08	11,1240
1.09	20,1291
Celkem	472,6503

12.4. Výpočet tepelných ztrát stropu Q_{0s}

[Tab. 12] Hodnoty teplot a přestupu tepla

	Součinitel přestupu tepla α [W · m ⁻² · K ⁻¹]	Teplota t [°C]
Interiér	8	24
Exteriér	24	-6

[Tab. 13] Rozměry stropu

	Rozměry [m] Délka x šířka	Obsah S_s [m ²]
Podlaha	2,97 x 1,94	5,732

[Tab. 14] Složení stropu

	Tloušťka $L[m]$	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
Tepelná izolace-skelná vata	0,3	0,046
Sádkartonová deska	0,0125	0,15

Součinitel prostupu tepla k [ROVNICE č. 1]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,3}{0,046} + \frac{0,0125}{0,15} + \frac{1}{24}}$$

$$k = 0,1477 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tepelná ztráta stropem Q_{0s} [ROVNICE č. 5]

$$Q_{0s} = k \cdot S_p \cdot (t_i - t_{es}) = 0,1477 \cdot 5,732 \cdot (24 - (-6))$$

$$Q_{0s} = 25,5305 \text{ W}$$

[Tab. 15] Tepelné ztráty stropu ostatních místností

Místnost	$Q_{0s} [W]$
1.01	25,5305
1.02	11,6166
1.03	33,2715
1.04	87,9022
1.05	51,6123
1.06	46,4280
1.07	31,1901
1.08	7,4906
1.09	13,5544
Celkem	308,5963

12.5 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla Q_0

$$Q_0 = Q_{0ok+dv} + Q_{0z} + Q_{0p} + Q_{0s} = 18,72 + 157,9594 + 39,8100 + 25,5305$$

$$Q_0 = 242,0199 \text{ W}$$

[Tab. 16] Tepelné ztráty ostatních místností

Místnost	Q_0 [W]
1.01	242,0199
1.02	67,2208
1.03	151,8012
1.04	613,7299
1.05	386,7481
1.06	243,5861
1.07	284,2226
1.08	51,3026
1.09	126,0451
Celkem	2214,8506

12.6. Výpočet celkové tepelné ztráty Q_p

[Tab. 17] Rozměry stěn

	Rozměr [m] Délka x výška	Obsah S [m^2]
Severní stěna	9,58 x 2,7	25,866
Východní stěna	11,63 x 2,7	31,401

Celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost S

$$S = S_{0ok+dv} + S_z + S_p + S_s + S_{ss} + S_{vs}$$

$$S = 0,6 + 12,747 + 5,723 + 5,723 + 25,866 + 31,401$$

$$S = 82,06 \text{ m}^2$$

Průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí k_c [ROVNICE č. 2]

$$k_c = \frac{Q_0}{S \cdot (t_i - t_e)} = \frac{242,0199}{82,06 \cdot (24 - (-15))}$$

$$k_c = 0,073 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 [ROVNICE č. 6]

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c = 0,15 \cdot 0,073$$

$$p_1 = 0,011$$

Přirážka na urychlení zátoku p_2

$p_2 = nepočítám$

[Tab. 18] Přirážka na světovou stranu p_3

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přirážka p_3	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

$p_3 = 0,1$

Tepelná ztráta prostupem tepla Q_p [ROVNICE č. 4]

$$Q_p = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 242,0199 \cdot (1 + 0,011 + 0,1)$$

$$Q_p = 268,968 \text{ W}$$

[Tab. 19] Celkové tepelné ztráty ostatních místností

Místnost	Q_p [W]
1.01	268,884
1.02	67,514
1.03	153,040
1.04	626,234
1.05	392,904
1.06	246,417
1.07	316,537
1.08	54,070
1.09	133,459
Celkem	2259,142

12.7. Výpočet tepelné ztráty větráním Q_v

[Tab. 20] Délka spáry okna a součinitel spárové průvzdušnosti

	Délka spáry L[m]	Součinitel spárové průvzdušnosti $i_{LV} [m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}]$
Okno 1	3,4	0,00014

[Tab. 21] Charakteristické číslo budovy, místnosti

Charakteristické číslo budovy $B[Pa^{0,67}]$	Charakteristické číslo místnosti $M[-]$
6	0,5

Objemový tok větracího vzduchu při přirozeném větrání V_{vp} [ROVNICE č. 9]

$$V_{vp} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M = (3,4 \cdot 0,00014) \cdot 6 \cdot 0,5$$

$$V_{vp} = 0,001428 \cdot s^{-1}$$

Tepelná ztráta větráním Q_v [ROVNICE č. 7]

$$Q_v = 1300 \cdot V_{vp} \cdot (t_i - t_e) = 1300 \cdot 0,001428 \cdot (24 - (-15))$$

$$Q_v = 72,399 \text{ W}$$

[Tab. 21] Tepelné ztráty větráním ostatních místností

Místnost	$Q_v [W]$
1.01	72,399
1.02	53,508
1.03	64,974
1.04	336,336
1.05	107,016
1.06	107,016
1.07	107,016
1.08	29,484
1.09	114,660
Celkem	992,4096

12.8 Tepelné zisky Q_z

Nezapočítávám tepelné zisky $Q_z = 0$

12.9 Výpočet celkové tepelné ztráty Q_c

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z = 268,884 + 72,399 - 0 \quad [ROVNICE č. 3]$$

$$Q_c = 341,367 \text{ W}$$

[Tab. 22] Celkové tepelné ztráty ostatních místností

Místnost	Q_c [W]
1.01	341,367
1.02	121,022
1.03	218,014
1.04	962,570
1.05	499,920
1.06	353,433
1.07	423,553
1.08	83,554
1.09	248,119
Celkem	3251,552

[Tab. 23] Souhrn tepelných ztrát před zateplením

Místnost	Q_{0ok+dv} [W]	Q_{0z} [W]	Q_{0p} [W]	Q_{0s} [W]	Q_p [W]	Q_v [W]	Q_c [W]
1.01	18,72	157,9594	39,8100	25,5305	268,884	72,399	341,367
1.02	12,26	25,2000	17,8042	11,6166	67,514	53,508	121,022
1.03	16,8	50,7360	50,9937	33,2715	153,040	64,974	218,014
1.04	165,48	225,6240	134,7237	87,9022	626,234	336,336	962,570
1.05	53,76	202,2720	79,1038	51,6123	392,904	107,016	499,920
1.06	53,76	72,2400	71,1581	46,4280	246,417	107,016	353,433
1.07	53,76	151,4688	47,8037	31,1901	316,537	107,016	423,553
1.08	4,8	27,8880	11,1240	7,4906	54,070	29,484	83,554
1.09	66,24	26,1216	20,1291	13,5544	133,459	114,660	248,119
Celkem	445,92	939,5098	472,6503	308,5963	2259,142	992,4096	3251,552

Tepelné ztráty před zateplením



13. Volba izolačního materiálu

Jako izolaci volím Polystyren Isover EPS 70F tloušťky 100mm. Menší tloušťka izolace na zateplení se z hlediska úspor na materiálu příliš nevyplatí. Úspory by byly v průměru pouze asi čtvrtinové. [24]

14. Výpočet celkové tepelné ztráty po zateplení, vzorový výpočet koupelny 1.01

14.1 Výpočet tepelné ztráty okny a dveřmi Q_{0ok+dv}

[Tab. 3] Tepelné ztráty okny a dveřmi ostatních místností

Místnost	$Q_{0ok+dv} [W]$
1.01	18,72
1.02	12,26
1.03	16,8
1.04	165,48
1.05	53,76
1.06	53,76
1.07	53,76
1.08	4,8
1.09	66,24
Celkem	445,92

14.2. Výpočet tepelných ztrát obvodovými zdmi Q_{0z}

[Tab. 4] Hodnoty teplot a přestupu tepla

	Součinitel přestupu tepla $\alpha [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Teplota $t [^{\circ}C]$
Interiér	8	24
Exteriér	24	-15

[Tab. 5] Rozměry obvodových stěn

	Rozměr $[m]$ Délka x výška	Obsah $S [m^2]$
Severní stěna	1,94 x 2,70	5,238
Východní stěna	2,97 x 2,70	8,019

Obsah zdi S_z

$$S_z = S_{ss} + S_{sv} - S_{ok+dv} = 5,238 + 8,019 - 0,6$$

$$S_z = 12,657 \text{ m}^2$$

[Tab. 24] Složení stěny po zateplení

	Tloušťka L [m]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
Porotherm 40	0,4	0,16
Vnitřní omítka	0,02	0,88
Vnější omítka	0,02	0,88
Isover EPS 70F 100mm	0,1	0,039

Součinitel prostupu tepla k [ROVNICE č. 1]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,4}{0,16} + \frac{0,02}{0,88} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,02}{0,88} + \frac{1}{25}}$$

$$k = 0,154 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tepelná ztráta zdmi Q_{0z} [ROVNICE č. 5]

$$Q_{0z} = k \cdot S_z \cdot (t_i - t_e) = 0,154 \cdot 12,657 \cdot (24 - (-15))$$

$$Q_{0z} = 76,0179 \text{ W}$$

[Tab. 25] Tepelné ztráty zdmi ostatních místností

Místnost	$Q_{0z} [W]$
1.01	76,0179
1.02	12,1275
1.03	24,4167
1.04	108,5816
1.05	97,3434
1.06	34,7655
1.07	72,8944
1.08	13,4211
1.09	12,5710
Celkem	452,1391

14.3. Výpočet tepelné ztráty podlahou Q_{0p}

[Tab. 10] Tepelné ztráty podlahou ostatních místností

Místnost	Q_{0p} [W]
1.01	39,8100
1.02	17,8042
1.03	50,9937
1.04	134,7237
1.05	79,1038
1.06	71,1581
1.07	47,8037
1.08	11,1240
1.09	20,1291
Celkem	472,6503

14.4. Výpočet tepelných ztrát stropu Q_{0s}

[Tab. 15] Tepelné ztráty stropem ostatních místností

Místnost	Q_{0s} [W]
1.01	25,5305
1.02	11,6166
1.03	33,2715
1.04	87,9022
1.05	51,6123
1.06	46,4280
1.07	31,1901
1.08	7,4906
1.09	13,5544
Celkem	308,5963

14.5 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla Q_0

$$Q_0 = Q_{0ok+dv} + Q_{0z} + Q_{0p} + Q_{0s} = 18,72 + 76,0179 + 39,81 + 25,5305$$

$$Q_0 = 160,0785 \text{ W}$$

[Tab. 26] Tepelné ztráty prostupem tepla ostatních místností

Místnost	Q_0 [W]
1.01	160,0785
1.02	54,1483
1.03	125,4819
1.04	496,6874
1.05	281,8195
1.06	206,1116
1.07	205,6481
1.08	36,8356
1.09	112,4945
Celkem	1679,3056

14.6. Výpočet celkové tepelné ztráty Q_p

[Tab. 17] Rozměry stěn

	Rozměr [m] Délka x výška	Obsah S [m^2]
Severní stěna	9,58 x 2,7	25,866
Východní stěna	11,63 x 2,7	31,401

Celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost S

$$S = S_{0ok+dv} + S_z + S_p + S_s + S_{ss} + S_{vs}$$

$$S = 0,6 + 12,747 + 5,723 + 5,723 + 25,866 + 31,401$$

$$S = 82,0476 \text{ m}^2$$

Průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí k_c [ROVNICE č. 2]

$$k_c = \frac{Q_0}{S \cdot (t_i - t_e)} = \frac{160,0785}{82,0476 \cdot (24 - (-15))}$$

$$k_c = 0,050 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 [ROVNICE č. 6]

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c = 0,15 \cdot 0,050$$

$$p_1 = 0,0075$$

Přirážka na urychlení zátopu p_2

$$p_2 = \text{nepočítám}$$

[Tab. 18] Přirážka na světovou stranu p_3

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přirážka p_3	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

$$p_3 = 0,1$$

Tepelná ztráta prostupem tepla Q_p [ROVNICE č. 4]

$$Q_p = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 195,7548 \cdot (1 + 0,0075 + 0,1)$$

$$Q_p = 177,288 \text{ W}$$

[Tab. 27] Celková tepelná ztráta ostatních místností

Místnost	Q_p [W]
1.01	177,288
1.02	54,339
1.03	126,328
1.04	504,877
1.05	285,088
1.06	208,139
1.07	228,250
1.08	38,782
1.09	119,004
Celkem	1742,095

14.7. Výpočet tepelné ztráty větráním Q_v

[Tab. 22] Tepelné ztráty větráním ostatních místností

Místnost	$Q_v [W]$
1.01	72,399
1.02	53,508
1.03	64,974
1.04	336,336
1.05	107,016
1.06	107,016
1.07	107,016
1.08	29,484
1.09	114,660
Celkem	992,4096

14.8 Tepelné zisky Q_z

Nezapočítávám tepelné zisky $Q_z = 0$

14.9 Výpočet celkové tepelné ztráty Q_c

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z = 177,288 + 72,399 - 0 \quad [ROVNICE \text{ č. } 3]$$

$$Q_c = 249,687 \text{ W}$$

[Tab. 28] Celkové tepelné ztráty ostatních místností

Místnost	$Q_c [W]$
1.01	249,687
1.02	107,847
1.03	191,302
1.04	841,213
1.05	392,104
1.06	315,155
1.07	335,266
1.08	68,266
1.09	233,664
Celkem	2734,505

[Tab. 29] Souhrn tepelných ztrát po zateplení

Místnost	Q_{0ok+dv} [W]	Q_{0z} [W]	Q_{0p} [W]	Q_{0s} [W]	Q_p [W]	Q_v [W]	Q_c [W]
1.01	18,72	76,0179	39,8100	25,5305	177,288	72,399	249,687
1.02	12,26	12,1275	17,8042	11,6166	54,339	53,508	107,847
1.03	16,8	24,4167	50,9937	33,2715	126,328	64,974	191,302
1.04	165,48	108,5816	134,7237	87,9022	504,877	336,336	841,213
1.05	53,76	97,3434	79,1038	51,6123	285,088	107,016	392,104
1.06	53,76	34,7655	71,1581	46,4280	208,139	107,016	315,155
1.07	53,76	72,8944	47,8037	31,1901	228,250	107,016	335,266
1.08	4,8	13,4211	11,1240	7,4906	38,782	29,484	68,266
1.09	66,24	12,5710	20,1291	13,5544	119,004	114,660	233,664
Celkem	445,92	452,1391	472,6503	308,5963	1742,095	992,4096	2734,505



15. Ekonomické zhodnocení zateplení domu

[Tab. 30] Porovnání tepelných ztrát před a po zateplení

Tepelná ztráta před zateplením	3251,552 [W]
Tepelná ztráta po zateplení polystyrenem Isover EPS 70F 100mm	2734,505 [W]
Rozdíl	517,047 [W]

Celková tepelná ztráta po zateplení byla snížena o 15,9%.

15.1 Náklady na vytápění

Kapitola zpracována dle [20; 21]

Výpočet spotřeby tepla na vytápění (denostupně) vychází z dlouhodobých sledování délky topných období v ČR. U rodinných domů je to velmi individuální. Ve velmi dobře izolovaných domech bývá topná sezóna kratší. Pro domy napojeny na centrální topný systém začíná topná sezóna tehdy, klesne-li teplota tři dny po sobě pod 13°C, dle vyhlášky č. 194/2007.

Počet denostupňů D se vypočte podle vzorce:

$$D = d \cdot (t_{im} - t_{em}) \quad [ROVNICE \text{ č. } 10]$$

Pro Frýdek-Místek jsou průměrné hodnoty:

$d = 225$ dní (dny topné sezóny)

$t_{im} = 19^\circ\text{C}$ (průměrná vnitřní teplota)

$t_{em} = 3,4^\circ\text{C}$ (střední venkovní teplota v době vytápěcí sezóny)

Po dosazení výpočtu denostupně:

$$D = d \cdot (t_{im} - t_{em})$$

$$D = 225 \cdot (19 - 3,4)$$

$$D = 3\,510 \text{ denostupňů}$$

Je důležité si uvědomit, že ve výpočtech se používají průměrné hodnoty (zpravidla padesátiletý či třicetiletý průměr) a skutečná spotřeba tepla se může v určitém roce dost lišit. V poslední době se nároky na energie snižují právě díky lepším technologiím a investicím do zateplování budov.

Roční spotřeba tepla se vypočte dle vzorce:

$$Q_{vyt} = 24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot \frac{D}{t_i - t_e} \quad [ROVNICE \text{ č. } 11]$$

$Q_c [W]$ je výpočtová tepelná ztráta

$\varepsilon [-]$ opravný součinitel

$t_i [^\circ\text{C}]$ vnitřní teplota 20°C

$t_e [^\circ\text{C}]$ vnější výpočtová teplota -15°C

Určení součinitele ε je možné podle vztahu:

$$\varepsilon = \varepsilon_n \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_u \cdot \varepsilon_s \quad [ROVNICE \text{ č. } 12]$$

ε_n součinitel nesoučasnosti, volím pro rodinný dům starší 0,85

ε_r součinitel regulace, volím termostat v referenční místnosti 1,04

ε_u součinitel útlumu teplot, volím pro rodinný dům 0,84

ε_s součinitel vlivu otopného systému, volím pro teplovodní systém 1,00

$$\varepsilon = 0,85 \cdot 1,04 \cdot 0,84 \cdot 1,00$$

$$\varepsilon = 0,743$$

15.2 Náklady na vytápění před zateplením

$$Q_c = 3251,552 \text{ W} = 3,3 \text{ kW}$$

$$Q_{vPŘZ} = 24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot \frac{D}{t_i - t_e} \quad [ROVNICE \text{ č. } 13]$$

$$Q_{vPŘZ} = 24 \cdot 3,3 \cdot 0,743 \cdot \frac{3510}{20 - (-15)}$$

$$Q_{vPŘZ} = 5\,901 \frac{\text{kWh}}{\text{rok}} \Rightarrow 5,901 \text{ MWh/rok}$$

Celkové roční náklady na vytápění počítám podle ceníku pro rok 2014. Plyn je odebírán od dodavatele zemního plynu společnosti E.ON Energie.

Cena za dodávku zemního plynu je včetně DPH 913,37 Kč za 1 MWh, to je 0,913 kWh/Kč, stálá měsíční platba plynárenské společnosti je 117,66 Kč, pro vytápění celého domu je používán plynový kondenzační kotel s vestavěným zásobníkem vody značky Protherm. Protherm Lev 30 KKZ je kotel s účinností 108%. Při výpočtu používám dlouhodobé měsíční průměry klimatické náročnosti dle vyhlášky 372/2001.[18; 19]

[Tab. 29] Měsíční náročnost na vytápění

Měsíc	%
Leden	19
Únor	16
Březen	14
Duben	9
Květen	2
Červen	0
Červenec	0
Srpen	0
Září	1
Říjen	8
Listopad	14
Prosinec	17

Roční náklady za odebraný plyn stanovím podle vzorce

$$C_{PŘZ} = Q_{vPŘZ} \cdot \text{cena plynu} \cdot \frac{\text{suma měsíční náročnosti}}{\text{účinnost kotle}} + \text{počet měsíců} \cdot \text{stálá měsíční platba}$$

[ROVNICE č. 14]

$$C_{PŘZ} = 5901 \cdot 0,913 \cdot \frac{(0,19 + 0,16 + 0,14 + 0,09 + 0,02 + 0,01 + 0,08 + 0,14 + 0,17)}{1,08} + 12 \cdot 117,66$$

$$C_{PŘZ} = 6\,400 \text{ Kč}$$

15.3 Náklady na vytápění po zateplení

Celková tepelná ztráta rodinného domu po zateplení $Q_c = 2734,505 \text{ W} = 2,7 \text{ kW}$

$$Q_{vPOZ} = 24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot \frac{D}{t_i - t_e} \quad [\text{ROVNICE č. 13}]$$

$$Q_{vPOZ} = 24 \cdot 2,7 \cdot 0,743 \cdot \frac{3510}{20 - (-15)}$$

$$Q_{vPOZ} = 4\,828 \frac{\text{kWh}}{\text{rok}} \Rightarrow 4,828 \text{ MWh/rok}$$

$$C_{POZ} = Q_{vPOZ} \cdot \text{cena plynu} \cdot \frac{\text{suma měsíční náročnosti}}{\text{účinnost kotle}} + \text{počet měsíců} \cdot \text{stálá měsíční platba}$$

[ROVNICE č. 14]

$$C_{POZ} = 4828 \cdot 0,913 \cdot \frac{(0,19 + 0,16 + 0,14 + 0,09 + 0,02 + 0,01 + 0,08 + 0,14 + 0,17)}{1,08} + 12 \cdot 117,66$$

$$C_{POZ} = 5\,493 \text{ Kč}$$

15.4 Roční úspory na energiích

Roční úspory na energiích vypočítám jako rozdíl nákladu na energie před zateplením a po zateplení rodinného domu.

$$C_{ÚSP} = C_{PŘZ} - C_{POZ}$$

$$C_{ÚSP} = 6400 - 5493$$

$$C_{ÚSP} = 907 \text{ Kč}$$

Roční úspory tvoří pouze 907 Kč, už z tohoto vyplývá, že návratnost do investice bude dlouhodobá, avšak při stále rostoucích cenách se může návratnost investice v počtu let snižovat.

15.5 Cena zateplení domu

Na domě provádím kontaktní zateplení. Jako izolační materiál volím polystyren Isover EPS 70F 100mm, další materiály k zateplení volím od firmy Baumit, označovány v prospektu Baumit PRO.[22; 23]

Lepicí hmota:

Baumit ProContact je paropropustná lepicí hmota na bázi cementu určená především k lepení a stěrkování (armovací vrstva) fasádních izolačních desek.

Spotřeba se pohybuje 3-4 kg/m² pro lepení, stěrkování polystyrenu EPS-F

Balení: pytel 25 kg, 54 pytlů/paleta=1350 kg

Orientační cena: 314,60 Kč/bal

Izolační materiál:

Fasádní pěnový polystyren. Nejčastěji používané desky pěnového EPS pro kontaktní zateplovací systémy ETICS. Materiál splňuje požadavky na ETICS podle normy EN 13500, ETAG 004 a dále požadavky kvalitativní třídy A dle CZB. Trvalá zatížitelnost v tlaku max. 1200 kg/m².

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,039 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$

Rozměry: 500 x 1000 x 100 mm

Balení po 5 kusech, jedno balení 2,5 m²

Orientační cena: 1 kus 61 Kč, balení 305 Kč

Vyztužovací materiál:

Baumit Startex je sklotextilní síťovina pro vyztužovací (armovací) vrstvu zateplovacího systému Baumit Star a Baumit Pro, odolná vůči alkáliím, oka cca 4 x 4 mm.

Balení: 1 x 50 m role, 30 rolí/paleta = 1500 m²

Orientační cena: 1 476 Kč/role

Základní nátěr:

Baumit uniprimer je univerzální základní nátěr pro vyrovnání nasákavosti podkladu a zajištění přilnavosti následně nanášených vnějších povrchových úprav.

Spotřeba : cca 100 - 125 m²/25 kg kbelík na lepicí stěrky

cca 60 m²/25 kg kbelík na minerální podklady

Balení: kbelík 25 kg, 16 kbelíků/paleta

Orientační cena: 1815 Kč/balení

Omítka:

Baumit silikontop je jednosložková silikonová omítka pastovité konzistence. Paropropustná, vysoce vodoodpudivá a odolná vůči znečištění, použitelná v exteriéru.

Spotřeba: cca 3,2 kg/m² (9,3 m²/30 kg) pro 2 mm škrábanou strukturu

Balení: kbelík 30 kg, 16 kbelíků/paleta

Orientační cena: 2 051 Kč/kbelík

Příslušenství:

Zakládací úhelníkový profil

Profil s integrovanou sklotextilní síťovinou a zvýšenou požární odolností pro založení zateplovacích systémů Baumit s fasádním polystyrenem.

Balení: 20 kusů, délka jednoho kusu 2 m

Orientační cena: 110 Kč/kus

Okenní a dveřní přilepovací fólie Profil etics - plus

Samolepicí lišta pro přenesení pohybů ve dvou směrech. Z neměkčeného PVC s těsnicím páskem a integrovanou síťovinou pro vytvoření trvale pružného spojení omítek zateplovacích systémů Baumit s okenními nebo dveřními otvory. Doporučeno pro tepelně izolační systémy tloušťky izolantu mezi 10 a 20 cm.

Balení: 25 kusů, délka jednoho kusu 2,4 m

Orientační cena: 240 Kč/kus

Sklotextilní výztužný profil ETICS

Rohový profil z vyztužené sklotextilní sítě na vyztužení vnějších rohů (100/150 mm).

Balení: svazek 50 ks , délka jednoho kusu 2,6 m

Orientační cena: 106 Kč/kus

Pro výpočet nákladu na zateplení počítám s dvěma pracovníky, kteří by zvládli dům zateplit a omítnout během deseti dnů. Mzda pracovníků bude přibližně 180 Kč/hod.

[Tab. 30] Tabulka hodnot pro výpočet zateplovacího materiálu

Plocha oken a dveří	16,28 m ²
Plocha obvodového pláště	119,34 m ²
Plocha pláště bez oken a dveří	103,6 m ²
Celková délka rohů	11,2 m
Délka základacího profilu	42,42 m
Délka okenního a dvevního profilu (počítám, že lišty budu dávat po stranách a na horní stranu okna a dveří)	33,9 m

[Tab. 31] Tabulka materiálu na zateplení domu

	Potřebný objem		Kč
Baumit ProContact	358,75 kg	15 pytlů	4 719
Isover EPS 70F	103,6 m ²	42 balení	12 810
Baumit Startex	102,5 m ²	2 role	2 952
Baumit uniprimer	102,5 m ²	1 kbelík	1 815
Baumit silikontop	328 kg	11 kbelíku	22 561
Zakládací úhelníkový profil	42,42 m	22 kusů	2 400
Profil etics - plus	33,9 m	15 kusů	3 600
výztužný profil ETICS	11,2 m	5 kusů	530
Náklady za materiál celkem			51 387

Celkové náklady na materiál při zateplování jsou 51 387 Kč.

Celkové náklady na zateplení

$$C_{NAK} = C_{MAT} + C_{MZDY}$$

$$C_{NAK} = 51\,387 + (180 * 10 * 8 * 2)$$

$$C_{NAK} = 80\,187 \text{ Kč}$$

Výpočet dob návratnosti investice

$$C_{NAVR} = C_{NAK} / C_{ÚSP}$$

$$C_{NAVR} = \frac{80187}{907}$$

$$C_{NAVR} = 88,4 \text{ let}$$

.

16. Závěr

Bakalářská práce se zabývá zhodnocením zateplení rodinného domu pomocí izolace obvodového zdiva. Rodinný dům je jednopatrový se sedlovou střechou nacházející se v obci Čeladná.

Část práce je věnována zateplování budov v Evropě a České republice, druhům úniku tepla, způsobům zateplování a základním, nejčastěji používaným typům izolačních materiálů.

Praktická část je věnována výpočtům tepelných ztrát na konkrétním domě. Pro úplný výpočet bylo zapotřebí zajistit technickou dokumentaci budovy a seznam materiálů, z kterého byl dům postaven. Tepelné ztráty jsou počítány podle normy ČSN 06 0210. Výpočet tepelných ztrát je prováděn tzv. obálkovou metodou. Jsou vypočteny tepelné ztráty okny a dveřmi, obvodovými zdmi, podlahou a stropem, dále se počítá se ztrátou větráním. Součtem všech tepelných ztrát je vypočtena celková tepelná ztráta objektu. Pro přehlednost tepelných ztrát jsou vypočtené hodnoty vyneseny do grafů. Celková tepelná ztráta před zateplením je 3,3 kW. Jako izolační materiál je zvolen polystyren Isover EPS 70F tloušťky 100 mm pro kontaktní zateplování. Po návrhu tepelné izolace jsou spočítány tepelné ztráty po zateplení, jejichž hodnota je 2,7 kW.

Závěr práce je věnován ekonomickému zhodnocení zateplení. Zhodnocení zateplení je provedeno pomocí porovnání nákladů na vytápění před a po zateplení rodinného domu a návratnosti investice. Rozdíl mezi náklady na vytápění pomocí kondenzačního plynového kotle po zateplení činí roční úsporu 907 Kč. Celkové náklady na zateplení (materiál a práce) jsou 80 187 Kč.

Doporučená návratnost investice u rodinného domu je přibližně 30 let. Návratnost investice na konkrétním rodinném domě v obci Čeladná je přibližně 88 let. Tato doba daleko převyšuje doporučenou návratnost a investice vložené do zateplení domu by byla nerentabilní.

Literatura

- [1] ČSN 06 02 10. *VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV PŘI ÚSTŘEDNÍM VYTÁPĚNÍ*. KVĚTEN 1994. Český normalizační institut, 1993
- [2] Ing. Roman Šubrt, Zateplování, vydavatelství ERA group spol. s.r.o. 2008, 1. vydání
- [3] POROVNÁNÍ ZATEPLOVÁNÍ STĚN V ČR A V EVROPĚ. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyrobky/tepelne-izolace/porovnani-zateplovani-sten-v-cr-a-v-evrope>
- [4] Díky zateplování může šetřit i průmysl, ukazuje studie. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.euractiv.cz/energeticka-ucinnost/clanek/diky-zateplovani-muze-setrit-i-prumysl-ukazuje-studie-energetika-ucinnost-tepelna-izolace-011330>
- [5] Katalog tepelných mostů. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.e-c.cz/index.php?page=tmosty>
- [6] Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2526-tepelne-mosty-ve-stavebnich-konstrukcich>
- [7] Přirozené větrání, infiltrace a exfiltrace. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3608-prirozene-vetrani-infiltrace-a-exfiltrace>
- [8] Infiltrace. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://madico.cz/slovnicek/infiltrace/>
- [9] Centrum větrání a infiltrace budov. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.energetickeforum.cz/fsi-vut-v-brne/centrum-vetrani-a-infiltrace-budov>
- [10] O vnitřním zateplení. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/540-o-vnitrnim-zatepleni>
- [11] ZPŮSOBY ZATEPLENÍ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace/zpusoby-zatepleni-obvodoveho-plaste-domu_81
- [12] Jaké jsou druhy tepelných izolací. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.revitalizace.com/tepelne-izolace/jake-jsou-druhy-tepelnych-izolaci/>
- [13] Izolace PUR, PIR a fenolická pěna. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/izolace-pur-pir-a-fenolicka-pena>

- [14] Extrudovaný i soklový, to je polystyren XPS. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/extrudovany-soklovy-polystyren-xps>
- [15] Polystyren EPS a extrudovaný polystyren XPS. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.tepelna-izolace.cz/polystyren-eps-a-extrudovany-polystyren-xps-srovnani.html>
- [16] Vlastnosti expandovaného pěnového polystyrenu (EPS). [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/8482-vlastnosti-expandovaneho-penoveho-polystyrenu-eps>
- [17] Filip Grygera, Alice Kupčková; Bydlete úsporně-Jak investovat do energetických úspor a získat dotaci v programu Zelená úsporám; Computer Press, 2010, První vydání
- [18] VYHLÁŠKA č. 372/2001 Sb. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://www.vipa.cz/vyhlaska_372_2001.php
- [19] Výpočet ročních nákladů na vytápění při použití plynu. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://energetika.plzen.eu/Files/energetika/manazerstvi/Vypocetrocnichnakladunavytapeniplynem.pdf>
- [20] BILANCE A VÝPOČTY. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/12.htm>
- [21] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [22] BAUMIT PRO. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://www.baumit.cz/front_content.php?idcat=5214
- [23] BAUMIT CENÍK 2014. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://www.baumit.cz/upload/Cenik_Baumit_2014.pdf
- [24] Isover EPS 70F. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/isover-eps-70f>
- [25] ČSN 73 05 42 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov - vlastnosti materiálů a konstrukci
- [26] Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu#t01>

Přílohy

- technická dokumentace budovy (výkres A3 ŘEZ DOMU, výkres A3 PŮDORYS DOMU)
- CD s výpočty tepelných ztrát provedeny v Microsoft Excel